1Г

УДК 004.832.2:519

Володимир Гарбарчук
Технологічний університет «Політехніка Любельська», Польща
wig@pluton.pol.lublin.pl

Деякі принципові проблеми теорії інформації на шляху до штучного інтелекту

Розглядаються проблеми створення повноцінної теорії інформації шляхом введення семантичної і семіотичної мір інформації, що потрібно для розвитку ідей в побудові теорії мислення як основи теорії систем штучного інтелекту.

Вступ

Проблематика штучного інтелекту цікавила, мабуть, як творців перших обчислювальних пристроїв Блаза Паскаля (XVII ст.), Ч. Бебіджа (XIX ст.), так і багатьох інших видатних вчених – математиків, фізиків, біологів, філософів. Адже думаючи над створенням машини, яка здатна виконувати математичні операції, будь-який автор такої машини не міг не думати: а що буде далі, чи зможе така машина розвинутись до здатності думати і т.д. А. Тюрінг [1] є одним з перших науковців XX ст., який розглядав теоретичні проблеми штучного інтелекту і запропонував порівняльний тест для виявлення інтелекту машини. Один з фундаторів теоретичних принципів будови сучасного комп’ютера Дж. фон Нейман та його сучасники – творець кібернетики Норберт Вінер та творець теорії інформації Клод Шеннон не тільки думали над цією проблемою, але й запропонували свої концептуальні погляди на можливості її розв’язання [1-5]. Один з найвидатніших письменників-фантастів XX ст. Станіслав Лем теж розглянув кілька дуже оригінальних підходів до цієї проблематики [6], [7]. Коли читаєш книгу С. Лема «Сума технології», то дивуєшся тому, як письменник, а не кібернетик, ще тільки на початку ери кібернетики (поч. 60-х років XX ст.) так глибоко проникав в суть фундаментальних теоретичних проблем кібернетики і штучного інтелекту, які і на даний час залишаються невирішеними, дискусійними, а може, і не будуть вирішені. З яких би позицій – гуманітарних, математичних чи біологічних – не дивились на цю проблему названі і не названі тут видатні мислителі, вони не могли обминути (і не обминали) першооснову проблематики: «чи може машина мислити?». І якщо такий автор стояв на позиції, що «машина може мислити», то відповідно розвивав і свою аргументацію. Автори протилежної позиції не менш успішно відстоювали (і відстоюють) свою концепцію. І так буде до тих пір, поки не буде створена теорія мислення або доведена неможливість її створення. В такому випадку ми повинні визначити: «Що таке “мислення”». Інтуїтивно приходимо до простого розуміння *мислення як процесу*. Тоді виникає наступне питання: що є на вході цього процесу, а що на його виході? Теж не тяжко дати відповідь: на вході процесу мислення є інформація, а на виході... теж інформація! Тоді маємо можливість побудови узагальненої кібернетичної моделі процесу мислення у вигляді «чорної скриньки» (рис. 1), де X – вхідна інформація, Y – вихідна інформація, M – алгоритм мислення, а F – ціль мислення, сформована (поставлена) «мислителем».

В цьому випадку для побудови алгоритму мислення потрібно **всього лише** визначитись з поняттями: «Що є інформація X», «Яка міра інформації X», «Що є процес (алгоритм) мислення M», «Як ставиться ціль мислення F» і «Що є результатом – “продуктом” – мислення Y».

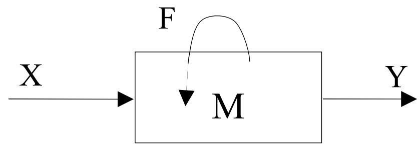


Рисунок 1 – «Чорна скринька» як модель процесу мислення

Метою даної праці є побудова однієї з можливих концепцій підходу до таких визначень і мір інформації, а також до поняття «мислення», що достатньо повно відповідатимуть складній суті проблематики штучного інтелекту.

Для цього ми, розвиваючи авторську концепцію [8], [9], будемо заглиблюватись в методологічні і теоретичні фундаментальні питання проблематики штучного інтелекту.

Постановка проблеми

У відповідності до моделі на рис. 1 треба: а) визначити і формалізувати поняття «інформація» та проблемні питання цього поняття, б) визначити суть повної міри інформації та можливості побудови формалізованої міри інформації, в) визначитись з формалізованими поняттями «мислення», «процес мислення», «алгоритм мислення», а також проблемними питаннями постановки мети F в теорії мислення, г) визначитись з концептуальними і теоретичними можливостями реалізації штучної підсистеми мислення як теоретичної основи штучного інтелекту.

Методологічні аспекти проблеми мислення

У відповідності до моделі на рис. 1 потрібно визначити, чи є якісь штучні системи, що реалізують процес, найбільш подібний до процесу мислення. Очевидно, що найбільш близькою штучною системою є комп’ютер. Але в чому є ця близькість (подібність), а в чому відмінність?

1. Машина

1.1. В чому суть машини-комп’ютера? Відомо, що комп’ютер створено, в першу чергу, для виконання обчислювальних операцій. Це дало можливість значно прискорити виконання не тільки цих операцій, але й підвищити точність і швидкість обчислень, що врешті-решт привело до процесу автоматизації складних обчислень. Сучасний рівень розвитку комп’ютерних технологій вийшов далеко за межі обчислень, хоча принципово логічна і математична суть внутрішніх процесів, що відбуваються в комп’ютері, фактично не змінилась.

1.2. Що є на вході машини? Уніфіковані, спеціальним чином сформовані **сигнали**, які збираються і формуються спеціальними пристроями (датчиками, вимірювачами тощо) і подаються на спеціальні вхідні пристрої машини. Як правило, це сигнали електричні (дискретні або аналогові), хоча можуть бути і пневматичні, гідравлічні – в спеціальних обчислювальних пристроях, що використовуються у вибухо- та пожежонебезпечних середовищах. Ніякі дії для оцінки машиною **змістовності (семантики)** вхідних сигналів тут не мають місця.

1.3. Що може робити машина з вхідними сигналами? Тільки ті операції і перетворення, які **попередньо запрограмовані** і введені в машину.

1.4. Що є на виході машини? Вихідні **сигнали** як результати перетворень вхідних сигналів у повній однозначній відповідності тим алгоритмам і цілям, які запрограмовані і записані в машині. Але вихідний результат може бути відображений в статичних або динамічних образах, звуках, комбінаціях звуків, текстів, графічних образів за умови, що це наперед запрограмовано, а машина має відповідні технічні засоби для відтворення цих образів (звуків, текстів тощо).

2. Людина

2.1. В чому суть людини? В широкому трактуванні залишимо це питання для філософів. Розглянемо його тільки в вузькому кібернетичному аспекті. При величезній кількості можливостей, наданих людині, головною, на нашу думку, є **можливість творити!** Адже і комп'ютер є одним з результатів творчості людини. Очевидно, що такої можливості машина на даний час не має і це перша, можливо, найголовніша **відмінність** людини і машини. Творчість є вищою формою мислення.

2.2. Що є на вході (в кібернетичному розумінні) людини? **Інформація!** Ця інформація сприймається людиною за допомогою органів, які, на відміну від технічних датчиків, називатимемо сенсорами, бо ці органи несуть нам не тільки абстрактні сигнали, але й їхній сенс, **змістовність.** Завдяки сенсорам людина має безпосередній вхідний інформаційний контакт з зовнішнім середовищем. Звичайно, вхідна інформація, що сприймається сенсорами, теж обробляється відповідними органами і поступає до мозку потрібним чином відфільтрованою і підготовленою до «обробки». Але, на відміну від машини, вхідна інформація є зінтегрованою, наприклад, у вигляді відео-, графічних, звукових і комбінованих одно-, дво- чи тривимірних **образів.** Крім цього, на відміну від машини, вхідна інформація сприймається людиною як у кількісному, так і якісному – **змістовному, семантичному** – вимірі, але не так математично формалізованою, як у машині. В машині ж, навпаки, образи вводяться розкладеними на сигнали, що в кінцевому вигляді має форму **бітів**, а про змістовність для машини цих вхідних сигналів взагалі немає мови.

2.3 Що людина може робити з вхідною інформацією? Все, що завгодно, залежно від наперед поставленої **мети**, **рівня знань**, **кількості і якості цієї вхідної інформації!** Тут доцільно зауважити, що: а) мета може бути поставлена як особисто тою людиною, що сприймає інформацію, так і іншою людиною, б) мета повинна ставитись раніше початку процесу обробки вхідної інформації.

Принципова різниця між машиною і людиною в цьому пункті полягає: а) в здатності людини (і нездатності машини) ставити свою мету, б) відтворенні образів **вихідної** інформації у **власному мозку**, а не з допомогою спеціальних зовнішніх пристроїв – як у машини. Хіба не дивно, що, навіть закривши очі, ми ніби бачимо те, про що думаємо, якщо колись ми бачили ці образи в реальності.

2.4. Яка форма вихідної інформації у людини? По-перше, образова. Деякі з цих образів людина може відтворювати на зовнішніх носіях, наприклад, музичні образи у вигляді нот, графічні образи у вигляді картин і т.д. По-друге, людина може генерувати вихідну інформацію, організовану в якомусь сенсовному, змістовному вигляді і навіть за відсутності вхідної інформації створювати нову, тобто **творити,** поставивши попередньо відповідну мету. Очевидно, що для такої творчості потрібно попередньо отримати відповідні **знання.** А знання отримуються тільки шляхом навчання. Навчати може тільки вчитель, тобто система **зовнішня** відносно учня. Тому в цьому питанні є деяка **подібність** людини до машини, якщо програміста вважати вчителем машини.

Знання ми можемо розглядати як відповідним чином упорядковані, організовані семантичні структури, збудовані з попередньо отриманих інформаційних складових (даних, множини операційних дій, правил тощо). Таким чином, методологічні принципи нашого підходу до теорії штучного інтелекту мають антропоморфну інтерпретацію і полягають у наступному.

Принцип 1. *Необхідною* умовою (критерієм) наявності інтелекту в системі є здатність цієї системи самостійно ставити *власну мету шляхом власного мислення.*

Принцип 2. *Достатньою* умовою інтелектуальності штучної системи є здатність її сприймати і оцінювати *змістову* (семантичну) складову (сутність) вхідної інформації у відповідності з наперед визначеною ціллю.

Принцип 3. Система штучного інтелекту своєю визначальною (базовою) функцією повинна мати ***власну функцію мислення***.

Принцип 4. Кількісний відносний показник **рівня інтелекту** стосовно конкретної мети повинен визначатись як показник ступеня (повноти) досягнення поставленої мети з мінімальними витратами часу і ресурсів.

Примітки

1. Означення понять «інформація», «розум», «інтелект» розглядаються такими, як запропоновано в [8], [9]: інформація – як розширена (повна) міра, яка крім кількісної (шеннонівської) складової включає семантичну і семіотичну складові. Відомо [5], що К. Шеннон добре розумів складну структуру міри інформації, але так як розглядав не обчислювальні системи, а системи зв'язку, то і стверджував, що для таких систем семантична складова інформації не потрібна і що семантична міра інформації лежить за межами теорії інформації.

2. ***Розум*** ми розглядаємо як потенційну, задану від народження людини здатність мозку до мислення, а ***інтелект*** – як показник ступеню (рівня) використання потенціалу мозку після його навчання і самонавчання.

Теоретичні аспекти проблеми

У відповідності з поставленою проблематикою та запропонованими методологічними оцінками і принципами розглянемо міру інформації як деяку функцію

$$I^* = f(I_1, I_2, I_3), \tag{1}$$

де: I_1, I_2, I_3 – відповідно ***абстрактна*** (шеннонівська), ***семантична*** (лінгвістична) і ***семіотична*** складові загальної (повної) міри інформації I^*.

На даний час існує кількісна міра тільки складової I_1. Проблема полягає в тому, що:
а) немає будь-якої хоча б початкової формалізованої міри складових I_2, I_3,;
б) невідома форма і суть функції f в (1);
в) невідомо, чи взагалі існує така функція, що зінтегровано визначає повну міру інформації на підставі її складових. Адже тяжко уявити, як семантична складова математично може поєднуватись з семіотичною (образовою) складовою міри інформації. Доречно показати, що тут є ще кілька проблем.

Проблема перша полягає в тому, що ***якісні*** складові інформації є фактично ***суб'єктивними,*** бо залежать від приймача інформації, точніше, від оцінок і знань цього приймача. Наприклад, якщо я не знаю китайської мови, то найкраща китайська поезія не матиме для мене жадного сенсу, крім множини різноманітних звуків. Якщо поет не знає математики, то він не сприйме жадного сенсу з найкращих математичних моделей чи рівнянь, а отримає тільки дані про якісь графічні складні образи, якими захоплюється математик.

Проблема друга загальної міри інформації полягає в тому, що семантична і семіотична складові інформації відображають ***якісну*** сутність інформації, яке потрібно представити ***кількісними*** показниками, а потім ці показники коректно поєднати з шеннонівською мірою, створивши єдину повну міру інформації.

Проблема третя полягає в тому, що наука не має аналогів міри, подібної до загальної міри інформації. Можливо найближчою за структурою мірою, якщо відкинути проблему суб'єктивності семантичної міри інформації, є міра електричного струму, яка визначається крізь такі складові, як сила струму, напруга (різниця потенціалів) і опір лінії передачі.

А зараз спробуємо поглянути на цю проблематику очима зовнішнього критика: а чи не є то проблема, надумана автором? Можливо, є інші, обхідні методи?

У «Энциклопедии кибернетики» [10] є статті і про семантику, і про семіотику. Але проблематика семантики розглядається тільки стосовно проблематики лінгвістики і математичної логіки, а не теорії інформації. В статті про семіотику вже сказано, що «логіко-лінгвістичні рамки семіотичного підходу все більш розширюються в результаті його зближення з теорією інформації...». В «Математической энциклопедии» [11] про семантику сказано як про розділ математичної логіки, а про семіотику взагалі (дивно!) немає статті. В [12] вже є невеличкий розділ «Семантическая информация», в якому показані деякі спроби різних авторів ввести семантичну міру, але ця міра спрощено трактувалась тільки для оцінок логічності висновків в математичній логіці. В цій же монографії є розділ «Искусственный интеллект», в якому акцент зроблено на написання таких програм для комп'ютера, які б давали можливість розпізнавати зміст (сенс) завдань і вести діалог з людиною (у автора [12] – людиноподібною істотою). Акцентовано на розвитку для цього математичної лінгвістики. Звідси не тяжко зробити висновок, що при такому підході необхідно буде мати семантичну міру інформації, бо інакше неможливо буде організувати діалог людини з машиною. Як бачимо, з наближенням до наших часів, а отже, з розвитком можливостей машини, науковці все конкретніше приходять до розуміння потреби розвитку теорії інформації і теоретичної кібернетики в напрямках, що розглядаються в цій статті. В публікаціях з тематики штучних нейронних мереж, нейрокомп'ютерів все частіше бачимо акценти на різні підходи до побудови семантичних мереж і т.п. [13], [14], все конкретніше автори підводять читача до потреби в семантичній мірі інформації. Так, в достатньо новій монографії А. Шевченка [15] вже ставляться конкретні питання і про моделювання та теорію процесів мислення, і про семантичні та семіотичні проблеми теорії інформації, необхідної для створення теорії штучного інтелекту. Таким чином, можна переконатись, що проблематика даної статті не видумка автора, а реальна, можна стверджувати, базова проблема на шляху до теорії штучного інтелекту. Просто, відчуваючи надзвичайну складність проблеми, названі і сотні не названих авторів, що працюють в цій галузі, всякими елегантними способами обходять цю проблему, розвиваючи відомі методи, які значно простіші, хоча і не приводять (і не приведуть!) до бажаного успіху.

Розглянемо тепер можливі підходи та принципові проблеми повної міри інформації. Для цього ще раз повернемось до визначення К. Шеннона: «Інформація є величина, протилежна до величини ентропії». Очевидно, що це визначення по суті стосується знання або незнання досліджуваного явища. Адже, отримуючи множину абстрактних бітів, ми не за кількістю цих бітів оцінюємо величину зменшення ентропії, а тільки розшифрувавши і зрозумівши суть, сенс, зміст сигналів, принесених тими бітами, можемо оцінити величину збільшення нашої обізнаності, нашого знання, а отже – зменшення ентропії стосовно досліджуваного явища. Таким чином, геніальність трактування К. Шенноном інформації полягає в тому, що фактично він

визначив інформацію як знання, точніше, збільшення знання, яке веде автоматично до зменшення ентропії. Адже якщо в наступний інтервал часу ми отримаємо ту ж множину бітів, яка повторюватиме вже отримане знання, то ніякої інформації ми не отримаємо по суті, бо ентропія не зміниться. З цього виходить, що інформація має місце тільки тоді, коли несе **нове знання**, або, як мінімум, нові дані, з яких може з часом сформуватись нове знання.

Як же визначити міри для I_2 та I_3? По-перше, потрібно ввести якісь одиниці для цих мір. Що може бути **одиницею сенсу** інформації I_2? А що може бути одиницею семантичної складової міри I_3? Автор поки що не може запропонувати ці одиниці.

По-друге. Після визначення одиниць сенсу та семіотичної складової інформації потрібно визначити алгебру для цих мір. Які тут можуть бути математичні чи логічні операції – важко сказати. Що буде, коли один сенсовний блок інформації додати до іншого блоку з іншим сенсом? Буде інший (більший чи менший) сенс? Ось приклади з іншими фізичними мірами: якщо до кілограма будь-якої речовини додати кілограм іншої, то в сумі буде два кілограми якоїсь суміші. Але якщо до приміщення з температурою, наприклад, 20 градусів внести якесь тіло з такою ж температурою, то температура в приміщенні не зміниться. Тому якщо вдасться якимось чином звести міру сенсу інформації до міри знання, то, можливо, легше буде ввести відповідну арифметику чи логіку на цій мірі. Наприклад, одне знання плюс друге знання дає два знання? Стосовно ж семіотичної міри проблема значно складніша. В той же час, проблема семіотичної міри інформації може бути відкладена на деякий час. Адже для побудови інтелектуального інтерфейсу «людина – розумна машина», а потім і теорії мислення, на початок нам потрібна буде тільки міра сенсовності інформації.

І ще один підхід до міри інформації. Ще на початку 60-х років XX ст. А. Харкевичем була запропонована міра **цінності** інформації [16], розвинута пізніше Р. Стратоновичем [17] та іншими авторами. Ця міра дуже важлива в проблематиці прийняття рішень, а також в криптографії. Очевидно, що і в системах штучного інтелекту вона потрібна на етапах прийняття рішень. Але коли мова йде про розумний інтерфейс як початок інтелектуального діалогу людини з машиною, то без міри сенсовності інформації не обійтись. Ми ж не оцінюємо в діалозі з іншою людиною цінність її слів, а сприймаємо їх сенс, змістовність, сутність слів і речень. Якщо ж в цьому діалозі ми виявимо для себе щось важливе, тоді спробуємо **оцінити** отриману інформацію, хоча б якісно.

Тепер перейдемо до проблематики моделювання мислення. Якщо потрібно прийняти рішення, то інтуїтивно цей процес можна представити схемою на рис. 2.

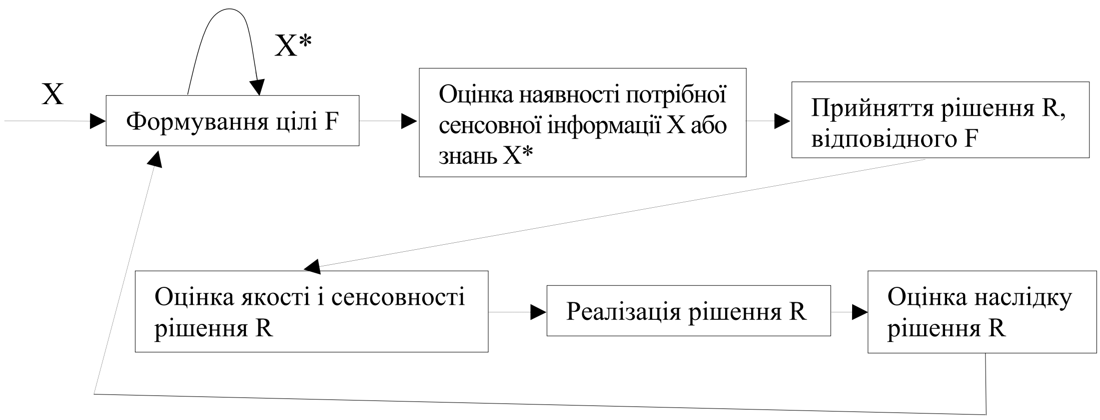


Рисунок 2 – Схема процесу мислення для прийняття рішення

У відповідності зі схемою (рис. 2) постановка мети *F* може відбуватись або при випадковому отриманні вхідної інформації *X* і оцінки її сенсу та цінності, або в результаті осмислення своїх знань (наявної інформації *X**), або в комбінації: «Маю знання *X** – ставлю мету *F* – добуваю додаткову інформацію *X* – приймаю рішення *R* – оцінюю прийняте рішення і закінчую процес або корегую мету, добуваю нові знання і повторюю процес прийняття рішення».

Діалог «людина – розумна машина» відбувається схематично таким чином (рис. 3).

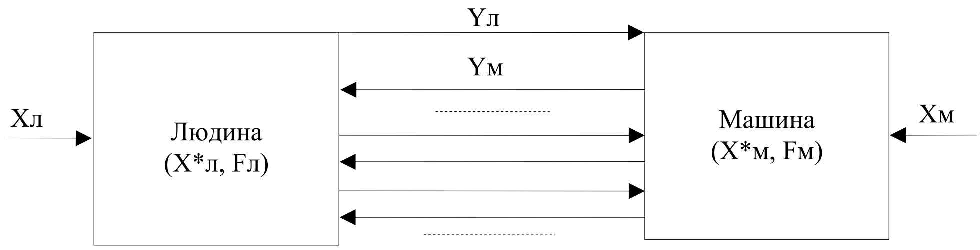


Рисунок 3 – Схема мислення в діалозі «людина-машина»

де: Xл – вхідна інформація, яку може отримувати людина, Fл – мета, яку має людина, Xм і Fм – відповідно вхідна інформація і мета, які має машина, X*л і X*м – відповідно знання, якими володіє людина і машина на початку діалогу або в процесі діалогу, тому що ці знання можуть змінюватись на основі відповідей Yм і Yм партнерів. Діалог проходить за схемою «питання-відповідь-питання-відповідь...». Такий діалог подібний до тесту Тюринга, якщо буде третя особа, що тестує. Очевидно, що повноцінний діалог можливий тільки при достатньо доброму сприйнятті партнерами сенсу отриманої інформації.

На жаль, такі або подібні схеми не дають підстав для побудови хоч початкової теорії мислення, бо нам абсолютно невідомо, *як людина генерує процедуру постановки мети*, яка автоматично генерує наступну процедуру мислення. Відомо тільки, що цей «механізм» запускається з першим подихом дитини (а може, ще й в лоні матері) і діє до останнього подиху.

Прикладні аспекти проблеми

Вирішення проблеми повної міри інформації в сукупності з розумінням і побудовою теоретичних основ мислення буде достатнім для побудови повноцінної системи штучного інтелекту. Міра сенсовності інформації (лінгвістична міра) відразу змінить принципово всю технологію спілкування людини з комп'ютером на основі повноцінного лінгвістичного інтерфейсу. Відпаде потреба в сучасних алгоритмічних мовах і програмуванні. Тільки при наявності міри сенсовності інформації можуть бути побудовані ефективні комп'ютерні перекладачі для різних мов і машина зможе замінити людину-перекладача. Принципово зміняться методи криптографії, особливо криптоаналізу, так як машина-криптоаналітик автоматично зможе розпізнавати сенс в аналізованих (ламаних) криптограмах, що спричинить до побудови надзвичайно складних алгоритмів шифрування. Принципово зміниться вся діяльність людини, і буде вона все ефективнішою до тих пір, поки машина не отримає здатність до самонавчання і саморозвитку свого інтелекту. Тоді наступить ера конкурентної взаємодії двох інтелектуальних цивілізацій – людської і машинної. Але над цим ми даємо можливість подумати читачеві.

Висновки

1. Відсутність повної міри інформації є однією з головних перешкод на шляху до створення теорії мислення і штучних інтелектуальних систем.

2. Створення повної міри інформації на основі лінгвістичної і семіотичної мір є надзвичайно складною проблемою через те, що: а) сенсовність інформації залежить від приймача, а отже, є суб'єктивною, б) тяжко створити математичну функцію, яка поєднуватиме семантичну, семіотичну і шеннонівську міри в одну міру.

Література

1. Тюринг А. Может ли машина мыслить. – М.: Физматгиз, 1960.
2. Джон фон Нейман. Теория самовоспроизводящихся автоматов. – М.: Мир, 1971.
3. Винер Н. Кибернетика или управление и связь в животном и машине. – М.: Советское радио, 1968.
4. Винер Н. Бог и Голем. – М.: Прогресс, 1966.
5. Шеннон К. Математическая теория связи // Работы по теории информации и кибернетике. – М.: Мир, 1963.
6. Stanislaw Lem. Summa technologie. – Kraków, 1967.
7. Станислав Лем. Кибериада. – М.: «Текст», 1993. – Т. 6.
8. Гарбарчук В. Концепція аксіоматичного підходу до побудови теорії інформації // Вісник Національного технічного університету України (КПІ). – Серія «Автоматика, обчислювальна техніка». – Київ.– 2003. – № 40. – С. 47-57.
9. Гарбарчук В. Концептуальні основи теорії штучного інтелекту // Искусственный интеллект. – 2004. – № 3.
10. Энциклопедия кибернетики. – К.: Изд. УСЭ, 1974. – Т. 2.
11. Математическая энциклопедия. – М.: Изд. СЭ, 1984. – Т. 4.
12. Джордж Ф. Основы кибернетики. – М.: Радио и связь, 1984.
13. Нейрокомпьютеры и интеллектуальные роботы / Под ред. Н. Амосова. – К.: Наукова думка, 1991.
14. Веденов А. Моделирование элементов мышления. – М.: Наука, 1988.
15. Шевченко А. Актуальные проблемы теории искусственного интеллекта. – К.: Наука і освіта, 2003.
16. Харкевич А. О ценности информации // Проблемы кибернетики. – М.: Физматгиз, 1960.
17. Стратонович Р. Теория информации. – М.: Сов. радио, 1975.

Владимир Гарбарчук

Некоторые принципиальные проблемы теории информации на пути к искусственному интеллекту

Рассматриваются проблемы создания полноценной теории информации путем введения семантической и семиотической мер информации, что необходимо для развития идей в создании теории мышления как основы теории систем искусственного интеллекта.

Vladimir Garbarchuk

Some Principal Problems of Information Theory on the Way to Artificial Intelligence

The problems of creation of valuable information theory are examined by introduction of semantic and semiotics measures of information, that is necessary for development of ideas in the construction of theory of thought as bases of theory of the intelligence systems.

Стаття надійшла до редакції 17.07.2008.